

砂防ダムコンクリートについて

加賀美 一二三*・草田 善弘**

長谷川 博***・兼行 啓治*

On the Properties of Debris Barrier Concrete

Hifumi KAGAMI, Yoshihiro KUSADA

Hiroshi HASEGAWA and Keiji KANEYUKI

Abstract

The authors practised the testing of compressive strength with respect to gravel and crushed stone concrete for the debris barrier of Yamaguchi prefecture in three years; 1966, 67, 68, and so proposed a guide for that in accordance with study as to the experimental results in this report.

1. 緒言

昭和41年度より山口県下の砂防工事現場においてはコンクリートに対する重量配合が全面的に採用されることになり、また粗骨材は川砂利から碎石へと移行したので、この機会に砂防課においては現場指導の資料基準をうるため、約3ケ年に亘り各現場で実施されたマスコンクリートにつき圧縮強度試験を山口大学において行い、その結果を整理検討して一応の見解を提案したものである。すなわち、品質管理上の標準偏差、不偏分散、変動係数、設計基準強度の推定、碎石コンクリートの特性および現行配合法の検討などである。

2. 供試体と測定方法

2.1 コンクリートの示方配合

砂防ダムにおける設計基準強度は 150kg/cm^2 としているが、山口県土木部砂防課において現場施工者に対する指示事項として次の項目を通達している。

- a 重量計量 b 良質分散剤使用
- c セメント 200kg/m^3 使用
- d スランブ 4～5 cm

山口県において使用された示方配合は Table 1 の通りである。

2.2 供試体の強度試験

圧縮強度は示方配合にもとずき現場配合となし、各現場におけるコンクリート量 $100\sim 200\text{m}^3$ に対し3供

試体の割合で標準モールドによる供試体を採取し、山口大学の実験室において強度試験を実施した。この結果は Table 2 であり、圧縮強度と c/w との関係は Fig. 1, 2 である。

3. 変動係数と計量検査

各現場における標本の平均値、不偏分散、標準偏差、変動係数および計量検査法による $\sigma_{ck} = 150\text{kg/cm}^2$ に対する合格判定を計算しまとめたものが Table 3 である。

計量検査には圧縮強度の平均値 $\bar{\sigma}_n$ 、不偏分散の平方根 S_n と合格判定係数 k_a, k_b を用いて、次の関係の成立することを確かめることにする。

$$\bar{\sigma}_n \geq 0.8\sigma_{ck} + k_a S_n$$

$$\bar{\sigma}_n \geq \sigma_{ck} + k_b S_n$$

計算中の k_a, k_b は $p_a = 1/20, p_b = 1/4$ 、生産者危険率、 $\alpha = 1/10$ の場合である。

変動係数と現場の関係を日本セメント協会の資料に準拠させたものが Table 4 である。

3.1 変動係数

変動係数について考えると、粗骨材2種、細骨材1種の重量計量においては監督を十分にすれば $C_n = 12\sim 13\%$ におさえられると考えられるが、砂防の現場においては C_n が20%以内にとどまる可能性のあるものは、全体の76%程度となり、その内訳は碎石使用現場においては12ヶ所（混合～1ヶ所を含む）中11ヶ所、砂利使用現場においては5ヶ所中2ヶ所となり、砂利使用現場の方が変動係数が大きい結果である。現在変

* 土木工学教室

** 山口県庁土木建築部砂防課

*** 工業短期大学部土木工学教室

Table 1 Designed proportion of debris barrier concrete

No.	Name of dam	Max size of coarse aggregate mm	Slump cm	Air %	Water cement ratio, w/c %	Cem. water ratio, c/w	Fine aggr. ratio, s/a %	Unit quantity kg/m ³				AE or D agent kg	Kinds of coarse aggregate
								Water W	Cement C	Fine aggr. S	Coar. aggr. G		
1	Kaisaku	80	5	4±1	61.5	1.63	36	123	200	742	1313	0.5	Crushed stone
2	Tano	50	5	〃	68	1.48	40	135	200	793	1245	1.0	〃
3	Gosuke	80	4	〃	60	1.67	28	120	200	569	1492	0.5	Gravel
4	Nishigahara	50	5	〃	61	1.64	32	122	200	644	1364	0.5	Crushed stone
5	To	40	5	〃	72	1.39	37	144	200	719	1290	0.5	〃
6	Hyakuta	50	5	〃	59	1.71	32	116	198	668	1399	0.5	Gravel
7	Yahagi	50	4	〃	68.5	1.46	40	137	200	779	1235	0.5	Crushed stone
8	Mitsusugi	50	5	〃	67	1.49	35	134	200	688	1368	0.5	〃
9	Takeoki	50	4	〃	68.5	1.46	40	137	220	779	1235	0.5	〃
10	Ichinosaka	40	5	〃	71	1.40	38	143	200	720	1239	0.5	〃
11	Motodani	50	3	〃	65	1.54	37	130	200	738	1314	0.5	〃
12	Tajiri	50	4	〃	70	1.43	34	140	198	710	1389	0.5	Gravel
13	Nakayamadani	50	5.5	〃	71	1.39	31	142	200	633	1463	0.5	Mixed coa. aggr.
14	Hikiake	40	5	〃	65	1.52	38	132	200	747	1247	0.5	Gravel
15	Maruyama	50	5	〃	63	1.59	38	138	200	774	1335	0.5	Crushed stone
16	Uta	40	5	〃	61.5	1.63	38	123	200	744	1312	0.5	Gravel
17	Inayama	50	5	〃	67	1.49	35	134	200	688	1368	0.5	Crushed stone

Table 2 Compressive strength of debris barrier concrete

No.	Name of dam	Results of compressive strength, σ_{28} , kg/cm ²													
1	Kaisaku	243	253	311	338	238	239								
2	Tano	300	187	354	280	376	299	217	225	234					
3	Gosuke	245	238	238	226	225	217	235	232	264	248	246	309	239	240
4	Nishigahara	170	173	172	213	216	224	265	243	252					
5	To	241	222	195	157	187	126								
6	Hyakuta	233	248	242	121	118	121								
7	Yahagi	162	155	164	176	178	145	135	132	209	203	200	182	186	182
		184	181	176											
8	Mitsusugi	183	171	167	174	175	167	175	176	171	181	170	163		
9	Takeoki	227	210	208	150	144	148	163	165	161	176	159	170	172	159
10	Ichinosaka	92	90	151	159	159	170	172	170	167	170	172	172	180	178
		179	188	185											
11	Motodani	165	162	180	125	138	159								
12	Tajiri	148	107	74	79	208	153	161	148	161	172	203	200	168	
13	Nakayamadani	174	173	170	137	135	123								
14	Hikiake	111	96	166	183	139	143	163	182	139	139	141	177	185	178
		129	124	222	201	181	125	139	147						
15	Maruyama	152	153	181	183	147	119	140	119	107	170	176			
16	Uta	92	80	79	188	164	183	190	182	123					
17	Imayama	170	160	142	161	152	139	89	103	141	113	124	103	152	113
		126	165	130	126	124	122	144	160						

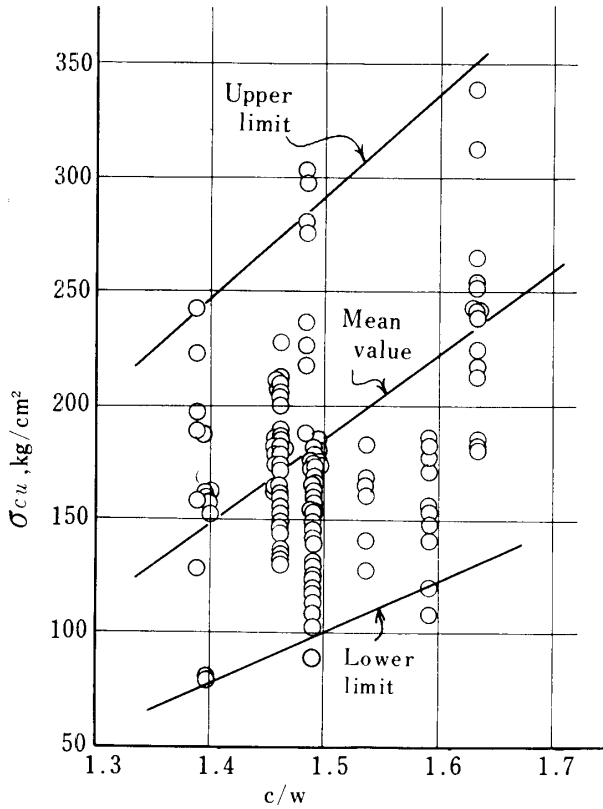


Fig. 1 σ_{cu} - c/w relation of crushed stone concrete

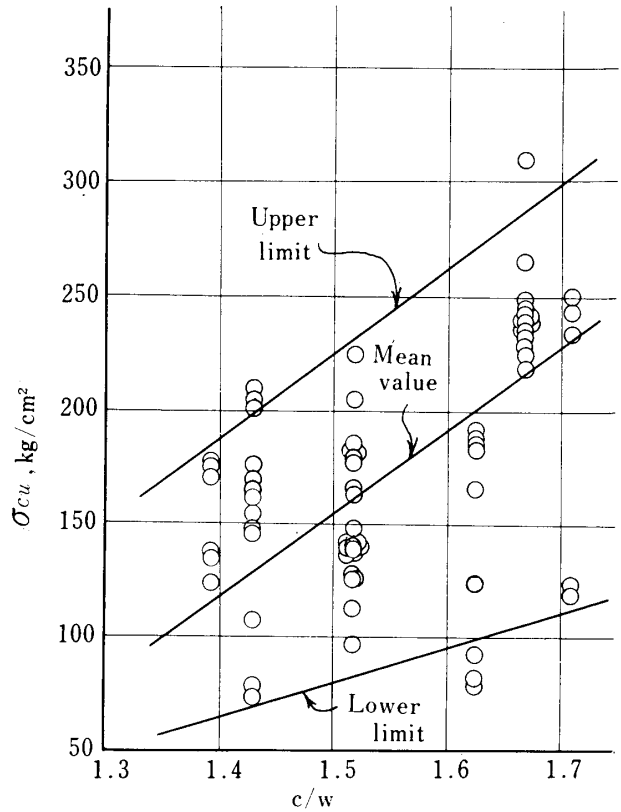


Fig. 2 σ_{cu} - c/w relation of gravel concrete

Table 3 Coeff. of variation and judgement testing of σ_{cu}

No.	Name of dam	No. of specimen	Mean values of strength $\bar{\sigma}_n$, kg/cm ²	Non-deviate dispersion Sn	Standard deviation σ	Coeff. of variation by Sn Cn	Coeff. of variation by σ Cn	Boundary of assumed coeff. of vari.	Reliable limit of approxi. 2σ (95%)	Judge coeff. of pass.		Case of $\sigma_{ck} = 150\text{kg/cm}^2$		Judge
										k_a	k_b	$0.8\sigma_{ck} + k_a S_n$	$\sigma_{ck} + k_b S_n$	
1	Kaisaku	6	270	43.1	45.3	16.0	16.8	15~20	303~237	0.97	0.13	162	156	○
2	Tano	9	264	52.0	53.6	19.7	20.3	〃	304~234	1.07	0.24	176	163	○
3	Gosuke	14	244	21.4	21.8	8.8	8.9	〃	261~227	1.19	0.31	146	157	○
4	Nishigahara	9	214	36.0	37.1	16.8	17.3	〃	248~180	1.07	0.24	159	159	○
5	To	6	188	42.0	44.1	22.3	23.5	〃	232~144	0.97	0.13	161	156	○
6	Hyakuta	6	181	66.5	69.8	36.7	38.7	〃	254~109	0.97	0.13	185	159	×
7	Yahagi	17	174	22.4	22.7	12.9	13.1	〃	199~149	1.23	0.34	148	158	○
8	Mitsusugi	12	173	5.8	5.9	3.4	3.4	〃	180~166	1.15	0.29	127	152	○
9	Kakeoki	15	170	25.7	26.1	15.1	15.4	〃	200~140	1.20	0.32	151	158	○
10	Ichinosaka	18	167	27.8	28.2	16.7	16.7	〃	200~134	1.24	0.36	155	160	○
11	Motodani	6	155	19.9	20.9	12.8	13.5	〃	180~130	0.97	0.13	140	153	○
12	Tajiri	13	153	43.1	43.9	28.1	28.8	〃	208~98	1.18	0.30	171	163	×
13	Nakayamatani	6	152	22.8	24.0	15.0	15.8	〃	181~123	0.97	0.13	142	153	×
14	Hikiake	23	150	27.4	27.7	18.3	18.5	〃	186~114	1.29	0.40	155	161	×
15	Maruyama	11	150	26.5	27.1	17.7	18.1	〃	185~115	1.13	0.27	150	157	×
16	Utagawa	9	142	48.6	50.1	34.2	35.2	〃	209~75	1.07	0.24	175	162	×
17	Imayama	23	135	21.6	22.0	16.0	16.3	〃	166~104	1.29	0.40	148	159	×

Table 4 Coeff. of variation in executed work

Coeff. of variation %	Associ. of Japan cement institute			Dams		
	Materials	Measured method	Control	Place of dam	Materials	Measured method
Under 9				Gosuke Mitsusugi	G~2kinds S~1kind	By weight
9~10	G~3kinds S~1kind	By weight	Very strict			
10~12	G~3kinds S~1kind	C~By wt. The others ~by vol.	Very strict			
	G~2kinds S~1kind	By weight	Very strict			
12~13	G~2kinds S~1kind	By weight	Strict			
13~14	G~2kinds S~1kind	C~By wt. The others ~by vol.	Strict	Yahagi Motodani	G~2kinds S~1kind	By weight
14~16	G~1kind S~1kind	By weight	Strict	Kakeoki Nakayamadani	G~2kinds S~1kind	By weight
16~18	G~1kind S~1kind	C~By wt. The others ~By vol.	Common	Kaisaku Nishigahara Ichinosaka Iimayama Maruyama	G~2kinds S~1kind	By weight
18~20				Hikiake Tano	G~2kinds S~1kind	By weight
Over 20				Hyakuta To Tajiri Uta	G~2kinds S~1kind	By weight

Table 5 Mean values, σ_{28} , s/a W, S, C of Crushed stone and gravel concrete
Crushed stone concrete, (A)

Max. size of coarse aggr. G, mm	Mean str. σ_{28} , kg/cm ²	Mean fine aggr. ratio s/a, %	Mean unit quantity, kg/m ³		
			Water, \bar{W}	Fine aggr. \bar{S}	Cement, C
80	270	36	123	742	} 200
50	172	37	133	735	
40	169	38	144	773	
Gravel concrete, (B)					
G	σ_{28}	s/a	\bar{W}	\bar{S}	C
80	244	28	120	569	} 200
50	161	33	123	689	
40	151	38	128	746	
(A)/(B) × 100					
G	σ_{28}	~	\bar{W}	\bar{S}	
80	111		103	130	
50	107		104	107	
40	112		112	103	

動係数を20%と仮定することは十分のものではなく、強度のばらつきに関して痛感されるのはキャッピングの不備、不熟練などの技術面が考慮されなければならない。

3.2 計量検査

設計基準強度150kg/cm²とした場合の品質計量検査によると、17現場中7ヶ所が不合格と判定されている。その内訳は粗骨材最大寸法80mm使用においては碎石、砂利コンクリートともに十分高い強度をえて問題はないが、50mmの現場においては11ヶ所中5ヶ所、40mmの現場では4ヶ所中2ヶ所が不合格となっている。また粗骨材最大寸法50、40mmの砂利コンクリートの場合は全5ヶ所中1ヶ所不合格、碎石コンクリートは10ヶ所中2ヶ所不合格にてほぼ強度の精度を示している。

4. 砂利コンクリートと碎石コンクリート

セメント量200kg/m³の一定使用とした場合、スランブを4~5cmとしたコンクリートにおいて粗骨材最大寸法80、50、40mmの砂利、碎石コンクリートそれぞれの平均圧縮強度 $\bar{\sigma}_{28}$ 、平均単位水量 \bar{W} 、平均単位細骨材量 \bar{S} 、平均細骨材率 $\bar{s/a}$ はTable 5の通りである。

また各現場の平均値および平均値の2 σ (標準偏差の2倍)にあたる95%信頼値の上、下限値により実験式を求めると次式となる。

砂利コンクリート；

$$\sigma_{28} = -235 + 274c/w \sim \text{上限値よりの式}$$

$$\sigma_{28} = -135 + 195c/w \sim \text{平均値よりの式}$$

$$\sigma_{28} = -39 + 117c/w \sim \text{下限値よりの式}$$

碎石コンクリート；

$$\sigma_{28} = -102 + 206c/w \sim \text{上限値よりの式}$$

$$\sigma_{28} = -85 + 181c/w \sim \text{平均値よりの式}$$

$$\sigma_{28} = -56 + 150c/w \sim \text{下限値よりの式}$$

4.1 砂利コンクリートと碎石コンクリートの比較

碎石コンクリートは砂利コンクリートと同一スランブにするため単位水量を増加しているが、その比率は粗骨材最大寸法が小さくなるにつれて当然ながら大きくなる傾向を示し、とくに40mmにおいては約12%の大きな比率になる。また単位細骨材量は s/a が砂利コンクリートに対して碎石コンクリートが約4%大きい値を必要とするので、碎石使用の場合が多量となる。砂量増加の比率は水量増加の比率とは逆に粗骨材最大寸法が大きくなれば増加する。また碎石コンクリートは砂利コンクリートに対してスランブを同じにす

るため水量を増加しても、ほぼ同程度の強度がえられるという結論と異なりより以上強度が上昇している。

4.2 砂利コンクリートと碎石コンクリートの配合

砂利、碎石コンクリートの下限値を用いた実験式から、設計基準強度150kg/cm²に必要なセメント量を今後の配合設計の目安として算出し現行の結果と比較してみることにする。すなわち、土木工学ハンドブックより粗骨材最大寸法に対するそれぞれのスランブと良質分散剤使用の条件から、必要単位水量をまとめたものがTable 6であり、この水量に必要なセメント量を下限値を用いた実験式より計算したものがTable 7である。

Table 6 Unit water of concrete

Max. size of coarse aggregate G, mm	Crushed stone concrete, kg/m ³			Gravel concrete kg/m ³		
	Slump, cm			Slump, cm		
	4	8	13	4	8	13
15	170	178	189	155	163	172
20	164	172	182	149	156	165
25	156	164	173	142	149	158
40	143	150	159	130	137	145
50	132	139	147	122	127	135
80	120	125	133	109	114	121

Note ; On case of reduced water of good properties (from Japan Civil Eng. Hand Book)

さてTable 7から明らかのように粗骨材最大寸法50、40mmの粗骨材および40mmの碎石粗骨材使用時には、単位セメント量200kg/m³使用ではセメント量が不足していることがわかり、逆に最大寸法80mmの碎石使用の場合にはセメント量は減少し、単位セメント量190kg/m³使用でも十分なことが認められる。

5. 結 言

変動係数の小さい程コンクリートの品質はよく、強度の平均値が実用的範囲において大きい程品質はよいものと判断して差支えない。山口県における砂防ダムコンクリートにおいては、設計基準強度を150kg/cm²としているが貧配合コンクリートの必要強度を確保することが問題で、山口県の現行の使用セメント量一定、スランブ量一定の配合方法ではコンクリートのばらつきが大きいことが本資料にて明かにされたものであり、マスコンクリートの打設において水平ケーブル、

バイブレイター使用の条件を考慮すれば、 w/c 一定（セメント量，水量一定→強度一定）の条件にてスランプ量を不問とし，施工に際して締固めに留意するという方法が望まれる。

また粗骨材として砂利，碎石の使用という点では，後者の利用が力学的に，経済的に，今後の材料需給関係より当然望ましいことになる。

以上本文にて述べた資料は十分のものではないが，参考のためにこれらに基づき山口県の砂防ダムコンクリートの配合基準を作成してみると Table 8 のごとくなる。

参 考 文 献

- 1) 近藤，坂，コンクリートブック，東京朝倉書店（1965）
- 2) 最新土木施工法講座，
19巻：コンクリート施工法，東京，山海堂（1959）
24巻：工事管理と実際，東京，山海堂（1959）
- 3) 加賀美一二三，土木学会論文集，121（1965）
加賀美一二三；セメントコンクリート，226（1965）
- 4) 日曹マスタービルダース，ボゾリスを用いた砂防ダムコンクリートの配合と練り混ぜ
- 5) 土木ライブラリー，コンクリート骨材，土木学会（1964）
- 6) コンクリート標準示方書解説，土木学会（1967）
- 7) 碎石コンクリートに関する資料集，中国地方砂利対策協議会（1968）

（昭和44年7月15日受理）